

Risk assessment of non-carcinogenic effects of lead, cadmium, and zinc in *Cyprinus carpio* from Zarivar wetland

Eisa Solgi

Assistant Professor Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Hamedan, Iran

ABSTRACT

Background and Aims: Fish consumption is an important route of human exposure to heavy metals. In order to assess the potential health risks associated with these contaminants due to fish consumption, fish samples of *Cyprinus carpio* were collected from Zarivar wetland.

Materials and Methods: Atomic absorption spectroscopy was performed to determine the presence of metals. Cd and Pb were identified by graphite furnace technique, and flame technique was employed as a means of Zn identification. In this research, daily intake and hazard indices of heavy metals in fish muscle tissue samples were performed based on the U.S. Environmental Protection Agency (EPA) fish consumption. Also ethical issues were considered during data collection and throughout the study.

Results: The concentrations of heavy metals in muscle tissues were lower than allowable mean concentrations of international standards (WHO, FAO, MAFF and FDA). The Non-carcinogenic Hazard Quotient (NHQ) of all studied metals was less than 1.0. Non-carcinogenic hazard quotients (NHQ) for Cd, Pb, Zn in common carp were 0.036, 0.008, 0.039, also HI were 0.084.

Conclusion: In conclusion, metal contents in this species are acceptable for human consumption from a toxicity point of view. HI in common carp was less than unity, suggesting that the consumption of the common carp is unlikely to cause any adverse health effects to consumers.

Key words: Heavy Metals, World Standards, Daily Intake, Hazard Quotient, Common Carp

*Corresponding Author:

Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Hamedan, Iran, P.O. Box: 65719-95863

Tel: +988133339841

Email: e.solgi@yahoo.com; e.solgi@malayeru.ac.ir

Received: 26 November 2014

Accepted: 29 September 2015

ارزیابی ریسک عوارض غیر سرطان زای سرب، کادمیوم و روی در کپور ماهی تالاب زیروار عیسی سلگی^{*۱}

^۱ استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

چکیده

زمینه و هدف: مصرف ماهی مسیر مهمی از در معرض قرار گرفتن انسان با فلزات سنگین است. به منظور ارزیابی خطر بهداشتی بالقوه در ارتباط با این آلاینده‌ها ناشی از مصرف ماهی، نمونه‌های کپور ماهی از تالاب زیروار جمع‌آوری شد.

مواد و روش‌ها: طیف سنجی جذب اتمی برای تعیین حضور فلزات در نمونه‌های ماهی انجام شد. فلزات کادمیوم و سرب با استفاده از روش کوره گرافیتی شناسایی شده و فلز روی به روش شعله تشخیص داده شد. در این پژوهش به منظور برآورد جذب روزانه و شاخص‌های خطر فلزات سنگین در نمونه‌های بافت عضله ماهی، طبق روش آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا برای مصرف ماهی عمل شد. همچنین مسائل اخلاقی در طول جمع‌آوری داده‌ها و در کل مطالعه در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: غلظت فلزات سنگین در بافت عضله کمتر از غلظت مجاز استانداردهای بین‌المللی (WHO، FAO، MAFF و FDA) بود. خطرپذیری غیرسرطانی برای همه فلزات کمتر از یک بود. مقادیر کادمیوم، سرب و روی برای خطرپذیری غیرسرطان‌زا به ترتیب ۰/۰۳۶، ۰/۰۰۸ و ۰/۰۳۹ بود، همچنین شاخص خطر ۰/۰۸۴ بود.

نتیجه‌گیری: از نتایج این تحقیق برمی‌آید که غلظت فلزات در این گونه از نقطه نظر مسمومیت، برای مصرف انسان قابل قبول است. شاخص خطر در ماهی کپور معمولی کمتر از یک بود. بنابراین مصرف ماهی کپور معمولی غیرمحمول است که سبب بروز عوارض سوء بهداشتی برای مصرف‌کنندگان شود.

کلید واژه‌ها: فلزات سنگین، استانداردهای جهانی، جذب روزانه، خطرپذیری، کپور

^{*}آدرس نویسنده مسئول:

همدان، ملایر، دانشگاه ملایر، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، تلفکس: ۰۸۱۳۳۳۳۹۸۴۱

Email: e.solgi@yahoo.com; e.solgi@malayeru.ac.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۰۹/۰۵

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۷/۰۷

مقدمه

ره آورد شهرنشینی، صنعتی شدن و پیشرفت جامعه انسانی در قرنهای کنونی، آلودگی محیطهای آبی و خشکی است. فلزات سنگین به شکل پی در پی از منابع طبیعی و فعالیتهای انسان به محیطهای آبی وارد میشوند اما در این میان، سهم منابع انسانی بسیار چشمگیر است به گونه‌ای که آلودگی محیطهای آبی به فلزات سنگین در درازای سالهای اخیر به یک مشکل محیط زیستی در سراسر جهان تبدیل شده است [۱]. فلزات سنگین به عنوان آلاینده‌های رایج آب به شمار می‌آیند. فاضلاب شهری و صنعتی تا اندازه زیادی موجب افزایش فلزات سنگین در بومسازگانه‌های آبی شده‌اند. هنگامی که غلظت این آلاینده‌ها در محیط، به بیش از مقدار مشخصی برسد آن فلز ویژگی سمی پیدا می‌کند [۲]. نه تنها سمیت فلزات بلکه ویژگیهای دیگری چون انباشت زیستی، پایداری طولانی مدت در محیط، تجزیه ناپذیری زیستی و بزرگنمایی زیستی در زنجیره غذایی تهدید جدی برای این بومسازگانه‌ها و موجودات زنده آنها هستند [۳]. این آلاینده‌ها با ورود به اکوسیستمهای آبی نه تنها ممکن است به طور مستقیم به موجودات آبرزی آسیب برسانند، بلکه از طریق اثرات انباشت زیستی، بزرگنمایی زیستی و فرایندهای زنجیره غذایی در بافتها و اندام موجودات آبرزی ذخیره می‌شوند و در نهایت تهدیدی برای سلامت انسان از طریق مصرف ماهی هستند [۴].

بزرگنمایی زیستی فلزات سنگین در موجودات زنده، فرایندها و مسیرهایی است که طی آن غلظت آلاینده‌ها در بدن موجودات، از یک سطح تغذیه‌ای به سطح دیگری و حرکت به سوی رأس هرم غذایی افزایش یافته و در غلظتی بیشتر پدیدار می‌شود [۵]. بنابراین، گونه‌های گوناگون ماهی‌ها به عنوان نمایه‌های با ارزش در بومسازگانه‌های آب شیرین به طور گسترده‌ای به عنوان شاخص زیستی آلودگیهای فلزی در برآورد میزان آلودگی استفاده شده‌اند [۶]. چون ماهی بخش مهمی از رژیم غذایی انسان است، این فلزات از طریق تغذیه ماهیان آلوده وارد بدن انسان می‌شوند. نگرانی حاصل از این مورد این است که مصرف ماهی آلوده ممکن است به اثرات سوء بهداشتی در انسان منجر شود. حتی فلزات انباشته شده در بافت‌های ماهی ممکن است خطرهای بهداشتی بیشتری نسبت به فواید ماهی برای سلامتی انسان (به ویژه برای جمعیت‌های با میزان سرانه بالای مصرف ماهی) داشته باشد [۷]. سودمندی بهداشتی مربوط به مصرف ماهی در درجه اول به حضور پروتئین، مواد معدنی، ویتامینها و اسیدهای چرب ضروری غیر اشباع، به

خصوص اسیدهای چرب با چند پیوند غیراشباع (PUFA) مثل امگا ۳ است. در مقایسه با فواید مصرف ماهی در رژیم غذایی، یکی از مشکلات مرتبط با مصرف ماهی، خطر در معرض قرارگیری با آلاینده‌های محیط زیستی پایداری سرطانزا (مانند DDT, PCBs, دیوکسین و غیره)، و غیر سرطانزا (مانند سرب و کادمیوم) است. بر اساس پژوهشها، مصرف ماهی می‌تواند به عنوان یکی از منابع اصلی قرار گرفتن انسان در معرض آلاینده‌های محیط زیستی باشد [۸]. به این ترتیب، این فلزات، حتی در مقادیر ناچیز، منجر به اثرات سمی بلند مدت در سیستم‌های بیولوژیکی شده و از طریق زنجیره غذایی به سایر موجودات منتقل می‌شوند [۹، ۱۰].

در دهه‌های کنونی پژوهش‌هایی برای بررسی میزان سمیت فلزات در ماهی و ارزیابی خطر آنها انجام شده است [۱۳-۱۱]. در ایران هم پژوهش‌های مشابهی هم چون نصراله زاده ساروی و همکاران در بافت خوراکی ماهی کپور و نیز حسن پور و همکاران در ماهی سفید انجام شده است [۱۴، ۱۵]. روشهای فراوانی برای ارزیابی خطر بالقوه سلامتی انسان از قرارگیری در معرض مواد شیمیایی ارائه شده است. روشهای کنونی ارزیابی ریسک غیرسرطانزا به طور معمول از نسبت خطر (THQ: Target Hazard Quotients) که نسبت بین دوز برآورد شده از یک آلاینده و دوز مرجع، دوزی که برای مصرف کننده خطر قابل ملاحظه‌ای در طول عمر ندارد، استفاده کرده‌اند [۱۶]. با توجه به آنچه گفته شد ارزیابی خطر بهداشتی انباشت فلزات سنگین در ماهی برای تنظیم استانداردها و ایجاد مبنای علمی درک خطر را در برابر فواید مصرف ماهی بسیار مهم است. از این رو، این پژوهش با هدف ارزیابی خطر بهداشتی انباشت سرب، کادمیوم و روی در عضله ماهی کپور معمولی و نیز محاسبه جذب روزانه و مقایسه با دوز مرجع در تالاب زیریوار انجام شد.

مواد و روشها

در راستای اهداف این تحقیق، تعداد ۲۰ نمونه ماهی کپور معمولی از تالاب زیریوار نمونه برداری شدند. نمونه‌ها در ظروف پلاستیکی در یخدا‌نهای حاوی یودر یخ، جهت بررسی به آزمایشگاه محیط زیست دانشگاه ملایر منتقل شدند. در نخستین گام در آزمایشگاه و به منظور آنالیزهای شیمیایی، بافت عضله به میزان مورد نیاز از نمونه‌های ماهی جدا شد. نمونه‌های عضله به کمک دستگاه آون در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند.

به احتمال زیاد در طول عمر بدون اثرات زیانبار خطرناک قابل مشاهده است، تعریف شده است. در این تحقیق مقادیر RFD براساس پیشنهاد سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا برای کادمیوم $0/001$ میلی گرم بر کیلوگرم در روز، سرب $0/004$ میلی گرم بر کیلوگرم در روز و برای روی $0/3$ میلی گرم بر کیلوگرم در روز در نظر گرفته شد. برای تعیین NHQ، بر اساس روش ارائه شده توسط سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا عمل شد [۱۶]. برای یک ترکیب واحد، NHQ نسبت CDI به دوز مرجع است.

رابطه ۱ برای محاسبه سمیت سیستمیک (خطر غیر سرطان زا) به کار گرفته شد:

رابطه (۱)

$$\text{Non carcinogenic Hazard Quotient (NHQ)} = \frac{\text{CDI}}{\text{RFD}}$$

CDI (Chronic Daily Intake) = جذب روزانه مزمن
(mg/kg-day) آلاینده

RFD (Reference Dose) = دوز مرجع مزمن (خوراکی)
(mg/kg-day) برای آلاینده

در صورتی که مقدار NHQ بیشتر از یک باشد (میزان جذب روزانه بیشتر از دوز مرجع باشد)، نشان می‌دهد که قرار گرفتن در معرض یک ماده شیمیایی به احتمال زیاد اثرات سوء بهداشتی خواهد داشت. اثرات بالقوه بهداشتی وابسته به نوع مواد شیمیایی است. ارزش NHQ پایینتر از یک نشان می‌دهد که در معرض قرارگیری روزانه جمعیت انسانی، از جمله زیرجمعیت حساس، به احتمال زیاد بدون خطر قابل ملاحظه و اثرات زیانبار در طول عمر است. برای محاسبه و ارزیابی خطر فلزات سنگین در نتیجه مصرف ماهی کپور برخی موارد به شکل فرضی پذیرفته شد (جدول ۱).

جدول ۱- برخی موارد فرضی در محاسبه جذب روزانه و ارزیابی خطر

ردیف	فرض
۱	دوز مصرف برابر با دوز جذب آلاینده است
۲	پخت و پز هیچ تاثیری روی آلاینده ندارد
۳	متوسط وزن بدن یک شخص بزرگسال ۷۰ کیلوگرم در نظر گرفته شد
۴	میانگین طول عمر شخص ۷۰ سال است

رابطه (۲)

$$\text{CDI} = \frac{[\text{C} \times \text{EF} \times \text{ED} \times \text{IRF} \times (\text{kg}/1000\text{g})]}{[(365 \text{ days/year}) \times \text{LT} \times \text{BW}]}$$

سپس یک گرم از نمونه‌های پودر شده با ترکیبی از اسیدنیتریک و اسیدپرکلریک (نسبت ۱:۴) هضم شدند. پس از هضم کامل نمونه‌ها، محلولهای به دست آمده با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲، فیلتر شده و با آب مقطر به حجم ۲۵ میلی لیتر رسیدند [۱۷]. همه فلزات سنگین با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل HR-CS AAS مورد سنجش قرار گرفتند. مقادیر سرب و کادمیوم در نمونه‌های ماهی توسط جذب اتمی به روش کوره گرافیتی و عنصر روی توسط جذب اتمی به روش شعله آنالیز شدند. همچنین برای کنترل خطا با هر سری از نمونه‌های اصلی یک نمونه شاهد به کار گرفته شد. برای بررسی دقت داده‌ها هر نمونه سه بار به دستگاه تزریق شده بود که انحراف معیار نسبی (RSD) نمونه‌ها کمتر از ۳ درصد بود. فاکتور حد تشخیص روش (LOD) دستگاه برای فلز روی در روش شعله $0/36$ میلی گرم بر لیتر و میزان حد تعیین مقدار (LOQ) دستگاه $1/721$ میلی گرم بر لیتر بود. همچنین میزان LOD دستگاه برای فلزات سرب و کادمیوم در روش کوره گرافیتی به ترتیب $12/16$ و $1/17$ میکروگرم بر لیتر و میزان LOQ دستگاه به ترتیب $41/36$ و $3/988$ میکروگرم بر لیتر بود.

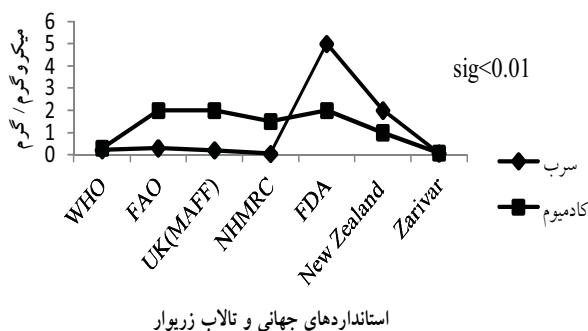
جهت آنالیز آماری داده‌ها نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ و برای رسم نمودارها از نرم افزار اکسل نسخه ۲۰۰۷ استفاده شد. ابتدا با آزمون شاپیروویلک، نرمال بودن داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. برای مقایسه میانگین غلظت فلزات با استانداردهای جهانی از آزمون One sample T test استفاده شد.

برآورد پتانسیل در معرض قرار گیری انسان با فلزات سنگین در نتیجه مصرف کپور معمولی

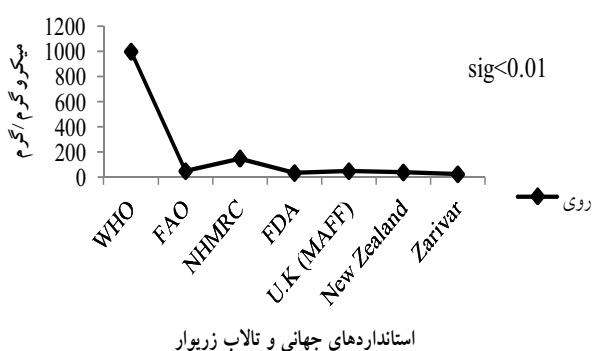
برآورد احتمال خطرپذیری غیرسرطانزا (Non-carcinogenic: NHQ Hazard Quotient) یکی از روش‌های اندازه‌گیری اثرات بهداشتی در معرض قرارگیری با آلاینده‌های شیمیایی غیرسرطانزا است. در این پژوهش احتمال خطرپذیری اثرات غیر سرطان زا با محاسبه نسبت خطر (NHQ) مورد بررسی قرار گرفت. در این روش، از نسبت در معرض قرارگیری با یک آلاینده به دوز مرجع برای ارزیابی خطر سلامتی یک ماده شیمیایی ویژه استفاده می‌شود.

اگر سطح در معرض قرارگیری بالاتر از مقدار سمیت باشد، پس احتمال خطر برای گیرنده وجود دارد. دوز مرجع دهانی مزمن (Reference Dose: RFD) به عنوان برآوردی از در معرض قرارگیری روزانه با یک آلاینده به صورت خوراکی برای جمعیت انسانی (شامل زیر جمعیت‌های حساس) که

MAFF :Food and)، انجمن ملی بهداشت و سلامت استرالیا (Australian National Health and Medical Research Council :NHMRC)، سازمان غذا و دارو آمریکا (Food and Drug Administration :FDA) و نیوزلند صورت گرفته است.



نمودار ۱- غلظت سرب و کادمیوم در بافت عضله کپور معمولی تالاب زریوار در مقایسه با استانداردهای جهانی



نمودار ۲- غلظت روی در بافت عضله کپور معمولی تالاب زریوار در مقایسه با استانداردهای جهانی

جذب قابل تحمل فلزات سنگین به صورت جذب هفتگی قابل تحمل موقتی (Provisional Tolerable Weekly Intake : PTWI)، توسط EPA تنظیم شده است. حداکثر مقدار از یک آلاینده است که یک فرد می‌تواند در هفته در طول عمر بدون خطر غیر قابل قبول از اثرات بهداشتی در معرض قرار بگیرد. در این مطالعه برآورد جذب روزانه (Estimated Daily Intake : EDI) و برآورد جذب هفتگی (Estimated Weekly Intake : EWI) فلزات سنگین ناشی از مصرف کپور معمولی محاسبه و یافته‌های آن در نمودارهای ۳ و ۴ ارائه شده است. برآورد جذب بر حسب وزن ماده در هر واحد وزن بدن (میکروگرم / کیلوگرم وزن بدن در روز یا هفته) بیان شد.

CDI = جذب روزانه مزمن آلاینده (mg/kg-day)
 C = غلظت فلزات سنگین در بافت عضله ماهی (mg/kg)
 BW = وزن بدن (برای بزرگسالان ~ ۷۰ kg)
 ED = مدت زمان در معرض قرار گرفتن (۷۰ سال)
 EF = فرکانس در معرض قرار گرفتن (۳۶۵ روز در سال)
 IRF = برآورد متوسط روزانه مصرف ماهی = ۳۲/۵۷ گرم در روز [۱۶]
 LT = طول عمر (به طور متوسط)، ۷۰ سال برای اثرات غیر سرطان زا

از آنجا که قرار گرفتن در معرض دو یا چند آلاینده ممکن است، سبب افزایش اثرات یا اثرات متقابل شود، در این پژوهش NHQ کل یا همان HI از جمع ریاضی مقادیر NHQ سه فلز سرب، کادمیوم و روی به دست آمد.

یافته‌ها

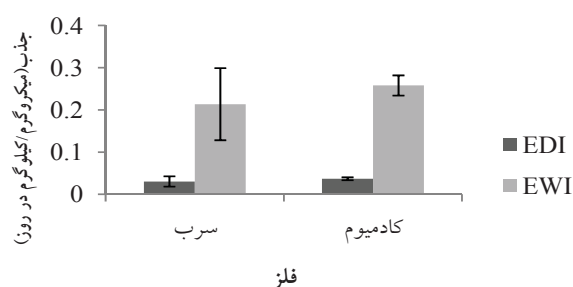
به منظور مشاهده خطر سلامت هرگونه آلاینده، برآورد سطح در معرض قرارگیری بسیار مهم است. یکی از جنبه‌های مهم در ارزیابی خطر، برآورد جذب روزانه فلز است. غلظت فلزات سنگین در وزن تر عضله کپور معمولی، همچنین جذب روزانه این فلزات (CDI) در جدول ۲ ارائه شده است. مقدار جذب روزانه برای کادمیوم، سرب و روی به ترتیب ۰/۰۳۶، ۰/۰۳ و ۱۱/۸۶ میکروگرم بر کیلوگرم در روز است. میزان جذب قابل تحمل روزانه (Provisional Tolerable Daily Intake) طبق استاندارد آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) برای کادمیوم، سرب و روی به ترتیب ۱، ۴ و ۳۰۰ میکروگرم بر کیلوگرم است. میزان جذب روزانه هر یک از عناصر مورد مطالعه، پایینتر از میزان جذب قابل تحمل روزانه (PTDI) سفارش شده به وسیله EPA است.

جدول ۲- محاسبه جذب روزانه و ارزیابی خطر فلزات سنگین ناشی از مصرف کپور معمولی برای یک شخص ۷۰ کیلوگرمی

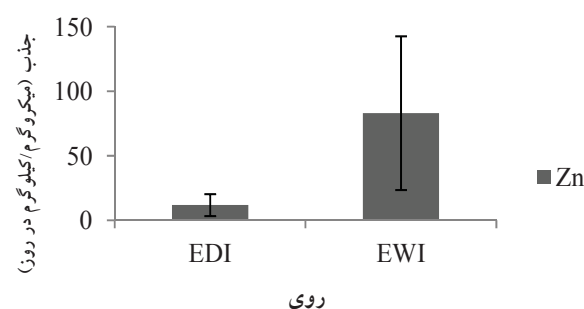
فلز	غلظت (W/W)	CDI (µg/kg/day)	PTDI
کادمیوم	۰/۰۸	۰/۰۳۶	۱
سرب	۰/۰۶	۰/۰۳	۴
روی	۲۵/۵	۱۱/۸۶	۳۰۰

در نمودارهای ۱ و ۲ مقایسه غلظت کادمیوم، سرب و روی با استانداردهای جهانی مانند سازمان بهداشت جهانی (WHO)، سازمان خوار و بار و کشاورزی (FAO)، وزارت کشاورزی و شیلات انگلستان (Ministry of Agriculture Fisheries)

بنابراین، با بالا رفتن سرانه مصرف ماهی، در معرض قرار گرفتن انسان با فلزات سنگین افزایش می‌یابد. عضله، به دلیل آن که توسط انسان مصرف می‌شود، بافت مهمی در پایش معمول آلودگی فلزی است. در میان فلزات سنگین سرب و کادمیوم، جزء گروه فلزات غیرضروری و سمی هستند و هیچ عملکرد شناخته شده‌ای در فرآیندهای بیوشیمیایی ندارند. این فلزات، پتانسیل بالایی برای تغلیظ زیستی و انباشت در اندامهای گوناگون ماهی دارند [۱۸]. اما عنصر روی از عناصر کم مقدار و ضروری برای جانوران و انسان است. روی جزء تکمیل کننده ضروری تعداد زیادی از آنزیمهای شرکت کننده در تولید و تخریب کربوهیدراتها، چربیها، پروتئینها، اسیدهای نوکلئیک و همچنین در سوخت و ساز دیگر عناصر کم مصرف است. روی همچنین اثر محافظتی در برابر سمیت کادمیوم و سرب دارد [۱۹]. میانگین غلظت فلزات سنگین کادمیوم، سرب و روی اندازه گیری شده در وزن تر عضله کپور ماهی در جدول ۲ نشان داده شده است. بالاترین غلظت فلزی در بافت عضله برای روی، بعد از آن کادمیوم و سپس برای سرب به دست آمد. پژوهشهای آزمایشگاهی و میدانی نشان می‌دهند که انباشت فلزات سنگین در بافت ماهی به طور عمده به غلظت فلزات در آب، فعالیت متابولیک و زمان در معرض قرارگیری با آنها وابسته است، هر چند که برخی عوامل محیطی دیگر مانند شوری، pH، سختی و درجه حرارت نقش مهمی در انباشت فلزی بازی می‌کنند [۶]. روی هم رفته غلظت بالای روی در بافت عضله ممکن است به دلیل افزایش فعالیتهای کشاورزی و استفاده از کودهای دامی در زمینهای اطراف تالاب باشد و یا ممکن است با توجه به نرخ آهسته دفع این عنصر از بدن ماهی باشد [۲۰، ۲۱]. اگر چه مقادیر کمی از فلزات در عضله ماهی انباشته می‌شوند که علت آن سطوح پایین پروتئینهای متصل به آن بیان شده است [۲۱]. برای ارزیابی سلامت آن باید مقایسه این غلظتها با مقادیر استاندارد صورت گیرد، چرا که عضله مهمترین قسمتی از ماهی است که مصرف می‌شود. بنابراین در این تحقیق مقادیر به دست آمده این عناصر با حد مجاز و سطح استاندارد ارائه شده از سوی سازمانهای بین المللی مانند WHO، FAO، MAFF، NHMRC، FDA و نیوزلند مقایسه شد. در این پژوهش مقادیر اندازه گیری شده کادمیوم، سرب و روی در عضله ماهی کپور معمولی مورد مطالعه در مقایسه با استانداردهای سازمان خوار و بار و کشاورزی (۰/۳، ۲ و ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم) [۲۲]، سازمان بهداشت جهانی (۰/۲، ۰/۳ و ۱۰۰۰ میلی گرم در کیلوگرم) [۲۳]، وزارت کشاورزی و شیلات انگلستان (۰/۲،

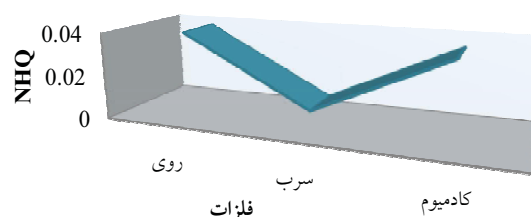


نمودار ۳- میزان جذب روزانه (EDI) و جذب هفتگی (EWI) کادمیوم و سرب در نتیجه مصرف کپور معمولی



نمودار ۴- میزان جذب روزانه (EDI) و جذب هفتگی (EWI) روی در نتیجه مصرف کپور معمولی

NHQ محاسبه شده برای این مطالعه در نمودار ۵ نشان داده شده است. مقادیر این فلزات برای خطرپذیری غیر سرطانزا (NHQ) برای کادمیوم، سرب و روی به ترتیب ۰/۰۳۶، ۰/۰۰۸ و ۰/۰۳۹ است. همان گونه که در نمودار ۵ دیده می‌شود، پتانسیل خطرپذیری هر سه فلز، کمتر از یک است.



	روی	سرب	کادمیوم
Series1	0.039	0.008	0.036

نمودار ۵- برآورد خطر بالقوه ناشی از فلزات سمی موجود در بافت عضله کپور معمولی

بحث

اگر چه انسان از مسیرهای متفاوتی در معرض فلزات سنگین قرار می‌گیرد، مصرف ماهی به عنوان یکی از راههای اصلی شناخته شده جذب فلزات سنگین و دیگر آلاینده‌ها است.

قرارگیری با فلزات در طول زندگی در غالب NHQ برای کپور معمولی (Cyprinus Carpio) صید شده از تالاب زریوار کردستان می‌پردازد. در این پژوهش، فلزات سنگین در عضله کپور معمولی تالاب زریوار مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. به طور خلاصه، این تحقیق وضعیت آلودگی فلزات سنگین در ماهی کپور معمولی در تالاب زریوار و ارزیابی خطر سلامت آن را نشان می‌دهد که می‌تواند برای تصمیم‌گیران و سازمانهای مربوطه به منظور ایجاد استانداردها و نیز محدود کردن ورود آلودگی محیط زیست اطراف تالاب مفید باشد. بر اساس یافته‌های این پژوهش، غلظت فلزات انباشته شده در بافت عضله کپور معمولی، در حال حاضر از استانداردهای تعیین شده توسط سازمانهای جهانی مانند FAO، WHO، FDA، NHMRC، MAFF بیشتر نیست. بجز کادمیوم که از استاندارد NHMRC بیشتر است، بنابراین مصرف این ماهی هیچ تهدیدی برای سلامتی انسان ندارد. برآورد مصرف روزانه فلزات نیز در نمونه‌های ماهی در این تحقیق کمتر از حد توصیه شده است. NHQ برای هر فلز مورد مطالعه در این پژوهش کمتر از یک بود که نشان می‌دهد که مردم بومی استفاده کننده از این گونه، در معرض خطر بهداشتی قابل توجهی ناشی از فلزات سنگین نیستند. همچنین، نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که مقادیر HI در کپور کمتر از یک بوده و این شاخص هم نشان می‌دهد که مصرف این ماهی توسط ساکنان غیرمحمول است که سبب بروز هر گونه عوارض سوء بهداشتی برای مصرف کنندگان شود. سهم NHQ هر فلز در HI مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که سهم روی از HI برابر ۴۳/۳۷٪ است و بنابراین، برای خطرات غیرسرطان زا، باید توجه بیشتری به آلودگی روی در منطقه مورد مطالعه شود. این رویکرد باید برای محصولات غذایی مختلف که روزانه در طول عمر مصرف می‌شوند، گسترش یابد. همچنین به منظور تفسیر سطح نگرانی ناشی از خطرات بالقوه برای سلامتی انسان، عواملی که سبب افزایش توانایی بدن در مقابله با فلزات و یا ممانعت از جذب آنها می‌شوند، باید در نظر گرفته شوند.

۲ و ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) [۲۴]، انجمن ملی بهداشت و سلامت استرالیا (۰/۰۵، ۱/۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) [۲۴]، نیوزیلند (۱، ۲ و ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) [۲۵]، سازمان غذا و دارو آمریکا (۲، ۵، ۳۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) [۲۶] پایینتر بود. البته غلظت کادمیوم از استاندارد NHMRC بیشتر است که بابائی و خداپرست [۲۷] نیز در مطالعه خود در تالاب انزلی روی گونه کپور معمولی به چنین نتیجه‌ای رسیدند. بندانی و همکاران [۲۸]، رحیمی و رئیسی [۲۹]، عسکری ساری و ولایت زاده [۳۰] نیز در پژوهشهای خود در مورد کپور معمولی گزارش کرده‌اند که مقادیر این فلزات در عضله کپور معمولی کمتر از حد استانداردهای جهانی است.

NHQ هر فلز مورد مطالعه در این پژوهش، به طور کلی کمتر از یک بود که نشان می‌دهد که خطر بهداشتی قابل توجهی از جذب فلزات از طریق ماهی آلوده تالاب زریوار مصرف کنندگان را تهدید نمی‌کند. نتایج ما نشان می‌دهد که مصرف روی دارای بالاترین خطر بهداشتی بالقوه و عوارض جانبی برای افراد و مصرف سرب دارای کمترین خطر برای افراد است. با نگرش به این که قرار گرفتن در معرض بیش از یک آلاینده ممکن است تأثیر افزایشی بر روی موجودات داشته باشد، در این پژوهش، HI کل فلزات در نمونه‌های عضله ماهی از طریق جمع NHQ سه فلز به دست آمد. مقدار شاخص خطر یا HI از طریق مصرف ماهی کپور معمولی در این مطالعه ۰/۰۸۳ به دست آمد (نمودار ۵). مقدار این شاخص نشان می‌دهد که به احتمال زیاد مصرف این گونه ماهی توسط بومیان منطقه، عوارض نامطلوب بهداشتی و خطرناک به دنبال نخواهد داشت. سهم نسبی کادمیوم، سرب و روی در HI به ترتیب ۴۳/۳۷٪، ۹/۳۶٪ و ۴۷٪ بود. بنابراین بر اساس نتایج این مطالعه، روی از مولفه‌های کلیدی در ایجاد اثرات غیرسرطان زا و سرب کمترین اهمیت را دارد.

نتیجه گیری:

این مطالعه برای اولین بار به بررسی سطوح در معرض

سپاس و قدردانی

از مسئولین آزمایشگاه محیط زیست دانشگاه ملایر که ما را در این پژوهش یاری نمودند، تشکر می‌نماید.

REFERENCES

1. Agarwal A, Agarwal M. Effect of heavy metals on aquatic life in Gangan River at Moradabad, Uttar Pradesh, India. *International Journal of Advanced Research* 2014; 2(3):250-254.
2. Alkarkhi AF, Norli M, Ahmad I, Easa AM. Analysis of heavy metal Concentrations in sediments of selected estuaries of Malaysia- a statistical assessment. *Environmental Monitoring and Assessment* 2009; 153:179-185.
3. Akan JC, Abdulrahman FI, Sodipo OA, Akandu PI. Bioaccumulation of some heavy metals of six fresh water fishes caught from Lake Chad in DoronBuhari, Maiduguri, Borno State, Nigeria. *Journal of Applied Sciences and Sanitation* 2009; 4(2):103-114.
4. Lakshmanan R, Kesavan K, Vijayanan P, Rajaram V, Rajagopal S. Heavy metals accumulation in five commercially important fishes of Parangipettai, Southeast Coast of India. *Advance Journal of Food Science and Technology* 2009; 1(1): 63-65.
5. SreedharaNayaka B, Ramakrishna S, Delvi MR. Impact of heavy metals on water, fish (*Cyprinus carpio*) and sediments from a water tank at Tumkur, India. *International Journal of Oceanography and Hydrobiology*. 2009; 2:17-28
6. Siraj M, Shaheen M, Sthanadar AA, Khan A, Chivers DP, Yousafzai AM. A comparative study of bioaccumulation of heavy metals in two fresh water species, *Aorichthys seenghala* and *Ompok bimaculatus* at River Kabul, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES)* 2014;4(3): 40-54.
7. Mansouri N, Khorasani N, Monavari SM, Karbasi A, Panahandeh M. Non-Carcinogenic Risk Estimation of Cr, Cd, Pb in Human to Fish Consumption from AnzaliWetland. *World Journal of Fish and Marine Sciences* 2013;5 (6):603-610.
8. Storelli MM. Potential human health risks from metals (Hg, Cd, and Pb) and polychlorinated biphenyls (PCBs) via seafood consumption: Estimation of target hazard quotients (THQs) and toxic equivalents (TEQs). *Food Chemical Toxicology* 2008;46(8): 2782-2788.
9. Buggy CJ, Tobin JM. Seasonal and spatial distribution of metals in surface sediment of an urban estuary. *Environmental Pollution* 2008;155(2): 308-319.
10. Honglei L, Liqing L, Chengqing Y, Baoqing S. Fraction distribution and risk assessment of heavy metals in sediments of Moshui Lake. *Journal of Environmental Sciences* 2008; 20: 390-397.
11. Alkan N, Aktas M, Gedik K. Comparison of metal accumulation in fish species from the southeastern Black Sea. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 2012; 88: 807-812.
12. Mitra A, Chowdhury R, Banerjee K. Concentrations of some heavy metals in commercially important finfish and shellfish of the River Ganga. *Environmental Monitoring and Assessment* 2012;184: 2219-2230.
13. Vrhovnik P, Arrebola JP, Serafimovski T, Dolenec T, Smuc NR, Dolenec M, Mutch E. Potentially toxic contamination of sediments, water and two animal species in Lake Kalimanci, FYR Macedonia: Relevance to human health. *Environmental Pollution* 2013;180:92-100.
14. NasrollahzadehSaravi H, Pourgholam R, Pourang N, Rezaei M, Makhloogh A, Unesipour H. Heavy Metal Concentrations in Edible Tissue of *Cyprinus Carpio* and Its Target Hazard Quotients in the Southern Iranian Caspian Sea Coast, (2010). *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences* 2013; 23 (103):33-44. (In Persian)

15. Hassanpour M, Rajaei G, SinkaKarimi M, Ferdosian F, Maghsoudloorad R. Determination of Heavy Metals (Pb, Cd, Zn and Cu) in Caspian kutum (*Rutilusfrisiikutum*) from Miankaleh International Wetland and Human Health Risk. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences* 2014; 24 (113):163-170. (In Persian)
16. USEPA. EPA Region III Risk-Based Concentration (RBC) Table 2008 Region III, 1650 Arch Street, Philadelphia, Pennsylvania 2012.
17. Yap CK, Ismail A, Tan SG, Omar H. Concentrations of Cu and Pb in the offshore and intertidal sediments of the west coast of Peninsular Malaysia. *Environment International* 2002; 28: 467-479.
18. Özparlak H, Arslan G, Arslan E. Determination of Some Metal Levels in Muscle Tissue of Nine Fish Species from Beyşehir Lake, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 2012;12:761-770.
19. Malik N, Biswas AK, Qureshi TA, Borana K, Virha R. Bioaccumulation of heavy metals in fish tissues of a freshwater lake of Bhopal. *Environmental Monitoring and Assessment* 2010;160: 267-276.
20. Heath AG. Water pollution and fish physiology, CRC Press, 1990; p:254
21. Akoto O, BismarkEshun F, Darko G, Adei E. Concentrations and Health Risk Assessments of Heavy Metals in Fish from the Fosu Lagoon. *International Journal of Environmental Research*2014;8(2):403-410.
22. FAO/WHO.Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert committee on food additives (JECFA). 2011. <http://apps.who.int/ipsc/database/evaluations/search.aspx>.
23. Tabari S, SaeediSaravi SS, Bandani GH, Dehgha A, Shokrzade M. Heavy metals (Zn, Pb, Cd and Cr) in fish, Water and sediment sampled from Southern Caspian Sea, Iran. *Toxicology and Industrial Health*2010;26(10): 649-656.
24. MaherWA. Trace metal concentrations in marine organisms from St. Vincent Gulf, South Australia. *Water, Air, and Soil Pollution*1986;29(1):77-84.
25. Nauen CE. Compilation of Legal Limits for Hazardous Substances in Fish and Fishery Products, FAO Fisheries Circular 1983;No. 764.
26. Jewett SC, Sathy Naidu A. Assessment of heavy metals in Red King Crabs following offshore placer gold mining. *Marine Pollution Bulletin*2000;40:478-490.
27. Babaei H , Khodaprast SH. Evaluating the contamination of heavy metals in sediment of fish (*Cyprinus carpio*) from Anzali international wetland, Gilan. *Feyz* 2013;16(7):667-668. (In Persian)
28. Bandani GA, KhoshbavarRostami HA, Yelghi S, Shokrzadeh M, Nazari H. Concentration of heavy metals (Cd, Cr, Zn, and Pb) in muscle and liver tissues of common carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) from coastal waters of Golestan Province. *Iranian Scientific Fisheries Journal* 2011;19(4): 1-10. (In Persian)
29. Rahimi E, RaissyM. Determination of lead and cadmium concentration in meat of fishes from Choghakhor wetland, Chaharmahal and Bakhtyari Province. *Iranian Veterinary Journal* 2008; 4(4):79-83. (In Persian)
30. Askary Sary A, Velayatzadeh MV. The survey accumulation of Zinc with chemical compositions in muscle of eight fish species, Iran. *Electronic Journal of Food Processing and Preservation* 2012;4 (1): 99-113. (In Persian)